

BEST AVAILABLE COPY**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2000-067401

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/02

G11B 5/31

G11B 5/66

G11B 21/02

(21)Application number : 10-233827

(71)Applicant : HITACHI LTD

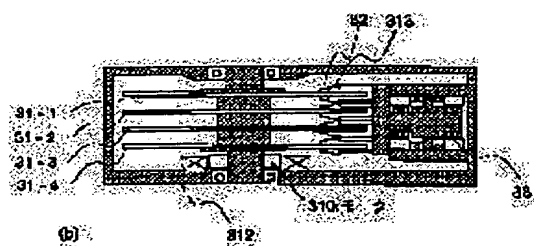
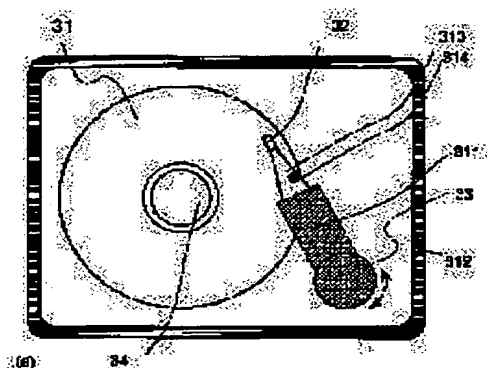
(22)Date of filing : 20.08.1998

(72)Inventor : SHIROISHI YOSHIHIRO

(54) MAGNETIC STORAGE DEVICE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a large capacity magnetic recording and reproducing device composed of a magnetic recording medium, magnetic head, and circuit, capable of performing a high density recording even in the case of a high rate transmission recording of 50 MB/s or more.

SOLUTION: This magnetic recording and reproducing device uses a magnetic recording medium of which the absolute value of normalized noise coefficient per unit transition is 2.5×10^{-8} (μVrms) (inch) (μm) $0.5/(\mu\text{Vpp})$ or below, and a magnetic film or a multi-layered film of a magnetic film and an insulating film having a magnetic path length of $35 \mu\text{m}$ or shorter and a specific resistance exceeding $50 \mu\Omega \text{ cm}$ in a part of a magnetic path at least. And, this device is provided with, at least, a magnetic recording head of which the total inductance is suppressed to 65 nH or smaller and a high rated R/W-IC with a wiring width of $0.35 \mu\text{m}$ or smaller by being mounted on an integrated wiring type suspension. In such a manner, recording and recording are performed at a high transfer rate of 50 MB/s or more.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 15.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.06.2003

[Kind of final disposal of application other

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-67401

(P2000-67401A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード^{*}(参考)

G 1 1 B 5/02

G 1 1 B 5/02

A 5 D 0 0 6

T 5 D 0 3 3

U 5 D 0 6 8

C 5 D 0 9 1

5/31

5/31

5/66

5/66

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-233827

(22)出願日

平成10年8月20日(1998.8.20)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 城石 芳博

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB06 BB07 CA01

5D033 AA01 BA07 BA08 BA34 BB03

BB14 BB43

5D068 AA01 BB01 CC11 GG01 GG03

5D091 AA08 CC04 CC05 CC26 DD03

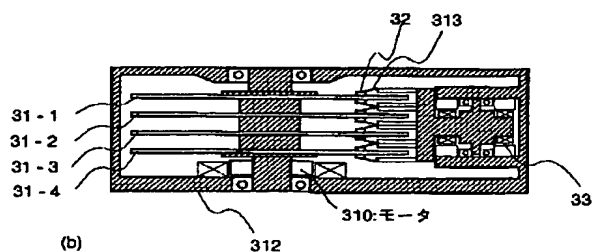
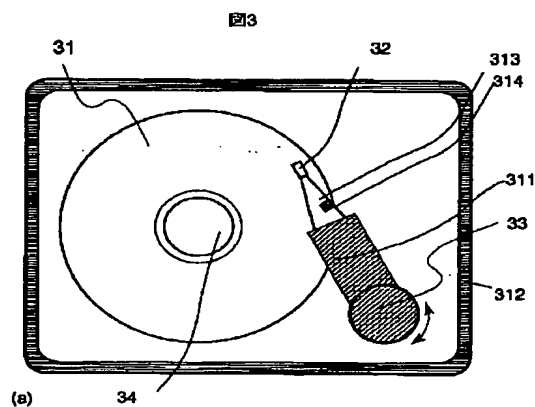
(54)【発明の名称】 磁気記憶装置

(57)【要約】

【課題】 50MB/s以上の高速転送記録でも高密度化可能な、磁気記録媒体、磁気ヘッド、回路により、大容量の磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値が $2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{ Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{ m})^{0.5} / (\mu \text{ Vpp})$ 以下である磁気記録媒体と、 $35 \mu \text{ m}$ 以下の磁路長で、磁路の一部に少なくとも比抵抗 $50 \mu \Omega \text{ cm}$ を超える磁性膜、もしくは磁性膜と絶縁膜との多層膜を用い、配線一体型のサスペンションに搭載する事により総インダクタンスを 65 nH 以下に抑えた磁気記録ヘッドと、線幅 $0.35 \mu \text{ m}$ 以下の高速化したR/W-ICを少なくとも具備し、50MB/s以上の高速転送速度で記録再生する磁気記録再生装置とした。

【効果】 高速かつ大容量の記録再生が可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値が $2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{ Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{ m})^{0.5} / (\mu \text{ Vpp})$ 以下である磁気記録媒体と、 $35 \mu \text{ m}$ 以下の磁路長で、磁路の一部に少なくとも比抵抗 $50 \mu \Omega \text{ cm}$ を超える磁性膜、もしくは磁性膜と絶縁膜との多層膜を用い、配線一体型のサスペンションに搭載する事により総インダクタンスを 65 nH 以下に抑えた磁気記録ヘッドと、線幅 $0.35 \mu \text{ m}$ 以下の高速化したR/W-ICを少なくとも具備し、 50 MB/s 以上の高速転送速度で記録再生することを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 2】上記磁気ヘッドの磁極長が $50 \mu \text{ m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 3】上記R/W-ICがヘッドから 2 cm 以内のサスペンション近傍に設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 4】上記磁気記録媒体における磁性層が、Co、Fe、Niからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第 2 の群から選ばれた少なくとも 2 種の元素、及びLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第 3 の群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を含む磁性体を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 5】上記磁性層が非晶質磁性体である磁気記録媒体を搭載したことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 6】上記磁気記録媒体の磁性層が、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、Bからなる群から選ばれた少なくとも 1 種の元素を主たる成分とする非磁性中間層を介して積層されたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 7】巨大磁気抵抗効果素子あるいは、磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用い、実効トラック幅が $0.9 \mu \text{ m}$ 以下である再生素子を有する磁気ヘッドで、 5 Gb/in^2 以上の高密度で磁気情報の再生を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 8】発熱部を具備した磁気ヘッドで記録を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 9】磁気記録媒体に熱を印加した直後に磁気記録を行い、上記巨大磁気抵抗効果素子あるいは、磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用いた素子で再生を行うことを特徴とする請求項 8 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 10】上記発熱部が、位置補正機能を具備した

2

半導体レーザチップであることを特徴とする請求項 8 または 9 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 11】ヘッドを、粗動、微動の少なくとも 2 段階のロータリーアクチュエータ方式で位置決めすることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機及び情報処理装置等に用いられる磁気ディスク装置、デジタルVTR等の情報家電用の磁気記憶装置及びその磁気記録媒体に係り、特に高速記録再生、高密度記録を実現する上で好適な磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】情報機器の記憶（記録）装置には、半導体メモリと磁性体メモリ等が用いられる。高速アクセス性の観点から内部記憶装置には半導体メモリが用いられ、大容量・低コストかつ不揮発性の観点から外部記録装置として磁性体メモリが用いられている。磁性体メモリの主流は、磁気ディスク装置、及び磁気テープ、磁気カード装置である。磁気ディスク、磁気テープや磁気カードといった記録媒体に磁気情報を書き込むため、強磁界を発生する磁気記録部が用いられる。更に、高密度で記録された磁気情報を再生するため、磁気抵抗現象ないしは、電磁誘導現象を利用した再生部が用いられる。最近では、巨大磁気抵抗効果、トンネル型磁気抵抗効果も検討され始めている。これら機能部は、磁気ヘッドと呼ばれる入出力用部品に共に設けられている。

【0003】図 10 に磁気ディスク装置の基本構成を示す。同図 (a) は、装置の平面図、(b) は断面図を示す。記録媒体 101 は、回転軸受け 104 に固定され、モータ 100 により回転する。図 10 では 1—4 の 4 枚の磁気ディスク、8 本の磁気ヘッドを搭載した例を示したが、磁気ディスク 1 枚以上、磁気ヘッド 1 本以上であれば良い。102 は、回転する記録媒体面上を移動する。磁気ヘッドは、アーム 1001 を介してロータリーアクチュエータ 103 に支持される。サスペンション 1003 は、磁気ヘッド 102 を記録媒体 101 に所定の荷重で押しつける機能を有する。再生信号の処理及び情報の入出力には、所定の電気回路が必要である。最近では、PRML (Partial Response Maximum Likelihood)、あるいはこれをエンハンスしたEPRML (Extended PRML) と言った、高密度化時の波形干渉を積極的に活用した信号処理回路が導入され、高密度化に大きく寄与している。これらは、ケース 1002 等に取り付けられる。

【0004】磁気ヘッドに搭載される情報の書き込み及び再生機能部は、例えば図 11 (a) に示す構造から構成される。書き込み部 111 は、渦巻き型コイル 116 とこれを上下に包みかつ磁気的に結合された、NiFe合金等から為る磁極 117 と磁極 118 から構成され

3

る。磁極117と磁極118は、共に磁性膜パターンから構成される。再生部112は、NiFe合金等から為る磁気抵抗効果素子113と同素子に定電流もしくは低電圧を印加し、かつ抵抗変化を検出するための電極119から構成される。これら書き込み部と再生部との間には、NiFe合金等から為り、磁気的なシールド層を兼ねる磁極118が設けられている。磁気抵抗効果素子113の下層にはさらにシールド層115が設けられている。再生分解能は、このシールド層115と磁極(シールド層兼用)118との間隙長により決定される。以上の機能部は、 Al_2O_3 -TiC等からなる磁気ヘッドスライダ1110(同図b)上に Al_2O_3 等からなる下地層114を介して形成されている。なお本磁気ヘッドスライダには、媒体対抗面にC等の保護膜が設けられており、更にその状態で同図(b)に示すように、ジンバル1111、サスペンション1113に取り付けられ、媒体面上を浮上しつつ移動し、モータに接続されたアーム1114によって任意の場所に位置決めした後、導線部1111、1115を通じて磁気情報の書き込み、ないしは再生機能を実現する。これを制御する電気回路も前記信号処理回路と共に存在する。

【0005】図12には記録媒体の詳細な構成図を示すが、特開平3-16013に記載のように、従来NiPめっきAlやガラス、高硬度セラミックス、平坦化Si等の非磁性基板ないしは樹脂テープ基板121上に、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt等の磁性薄膜123をスパッタ法、蒸着法、メッキ法等で製膜したものが多く使われている。通常、配向性制御用等のCr、Cr合金等の下地膜122が基板との間に形成される事が多い。更に、耐摺動信頼性を確保するために、窒素や水素を添加した硬質炭素、 SiO_2 、SiN、 ZrO_2 等から為る保護膜124、更に、吸着性や反応性の末端基を有するパーフルオロアルキルポリエーテル、有機脂肪酸等の潤滑膜125が設けられる。

【0006】これら磁気記録装置とは別に、磁気記録媒体に光で記録再生を行う光磁気記録装置も実用化されている。これには、光だけで変調を行う方式と、変調磁界の助けを借りながら光で記録再生を行う方式とがあるが、いずれも熱に強く依存して記録再生を行うため、高速転送での記録再生が出来ず、主にバックアップ等に採用されているだけであった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】記憶装置の性能は、記憶容量と入出力動作時のスピードとによって決まり、製品競争力を高めるためには、記録情報を高密度で行う事による大容量化と、高速回転化、高速転送化などが必須である。本発明が解決しようとする最大の課題は、特に転送速度が50MB/s以上と速く、更に望ましくは、5Gb/in²以上の高密度でも記録再生が可能な装置を提供する事である。この要求を満足するためには、高周波での記録再生が可能で、更に高密度で高いS/Nが得られる磁気記

4

録媒体と、高周波で十分な記録磁界を発生できる磁気ヘッドとが必要である。

【0008】従来の磁気記録媒体では、1~3Gb/in²程度の高密度で高いS/Nを得るために、結晶粒を微細化すると共に、特開昭63-148411、特開平3-16013、特開昭63-234407号公報に記載される様に、結晶粒界での非磁性成分の偏析を促進し、相互作用を低減することで、保磁力角型比 S^* を0.85以下にしたり、回転ヒステリシスロス R_H を0.4-1.3に制御し、低ノイズ化を図る事が提案、実施されて来た。ところが、これらの媒体では、20MB/s程度以下の転送速度で記録再生を行うとノイズは著しく低減できているが、50MB/s以上の高い周波数でこれらの薄膜媒体に磁気記録を行うと、結晶粒間の交換相互作用が弱いため、かえって微細な結晶粒の磁化の揺らぎが顕著になり、見かけの保磁力が高く、情報を正確に記録出来ないと言う問題があった。また記録回路等を工夫して大電流を流し、無理矢理記録したとしても、記録磁界がブロードになるために磁化遷移領域が広がり、ノイズが増えたり、せっかく記録した情報も長時間放置すると消失してしまう、と言う問題が発生していた。

【0009】本発明の目的は、50MB/s以上の高速転送で記録再生出来、更に5Gb/in²程度以上の高密度記録が可能な、微細結晶粒で構成される低ノイズ媒体、及びこの媒体に十分急峻な記録ができしかも再生感度が高い記録再生磁気ヘッド、及びこれ等を用いて実現される、高速転送かつ高密度の磁気記録装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を実現するため、媒体材料組成、プロセス、及びヘッド等の装置関係技術に付いて鋭意検討を進め、下記の手段が極めて効果が高いことを発見した。

【0011】磁性層が、Co、Fe、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第2の群から選ばれた少なくとも2種の元素、及びLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第3群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む磁気録媒体により、50MB/s以上の高速転送で記録しても高いS/N化とする事ができ、単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値を $2.5 \times 10^{-8} (\mu Vrms) (inch) (\mu m)^{0.5} / (\mu Vpp)$ 以下とできる。

【0012】本磁気記録媒体と、35 μm 以下の磁路長で、磁路の一部に少なくとも比抵抗50 $\mu \Omega cm$ を超える磁性膜、もしくは磁性膜と絶縁膜との多層膜を用い、配線一体型のサスペンションに搭載する事により総インダクタンスを65nH以下に抑えた磁気記録ヘッドと、線幅0.35 μm 以下の高速化したR/W-ICを用いる事で、50MB/s以上

5

の高速転送速度で記録する事ができ、更に、巨大磁気抵抗効果素子、あるいは磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用い、実効トラック幅が $0.9\mu\text{m}$ 以下である再生素子を有する磁気ヘッドを用いる事で、 5Gb/in^2 以上の高密度で磁気情報の再生を行う事ができる磁気記録装置を提供できる。

【0013】上記磁気記録媒体の磁性層が、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、Bから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする非磁性中間層を介して積層すれば、記録密度を20%程度高める事もできる。

【0014】磁気記録媒体に半導体レーザー等で熱を印加した直後に磁気記録を行い、上記巨大磁気抵抗効果素子あるいは、磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用いた素子で再生を行う事で、より高密度の磁気記録再生装置を提供する事ができる。

【0015】更に、アクセス時間を短く、更に高精度で位置決めをする為には、ロータリーアクチュエータ方式で、更にヘッドを粗動、微動の少なくとも2段階で位置決めする事が特に有効である。

【0016】図12に示したような、製非磁性基板上に、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Ti、Ge、Si、Co、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする非磁性下地膜を介して、もしくは直接Co合金等の磁性層、C-N等の保護層、パーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を順次形成する磁気記録媒体において、基板温度、雰囲気、製膜速度等の製膜条件、熱処理条件、磁性膜もしくは下地膜組成、膜厚、結晶性、層数等を鋭意制御して磁性層を形成し、図11に示したようなMR素子搭載型の従来型の磁気ヘッドを用い、図10に示した様な従来型装置で、記録密度 3Gb/in^2 、回転数 10krpm として評価した結果、上記磁性膜として、Co、Fe、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第2の群から選ばれた少なくとも2種の元素を含有する組成とせしめることで、結晶粒を微細化すると共に結晶粒間の交換相互作用を低減出来、従来技術の 20MB/s 以下の転送速度で記録再生した場合にも、単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値を $3 \times 10^{-8} (\mu\text{Vrms}) (\text{inch}) (\mu\text{m})^{0.5} / (\mu\text{Vpp})$ 以下とする事が出来る事を見出した。本効果は、特に低圧・高温・高速製膜時、もしくは高圧・低速で製膜した場合に相互作用低減効果が顕著であったが、その他の条件でも組成・組み合わせを最適化する十分な効果が得られた。

【0017】一方、 50MB/s 以上の高速で記録を行うためには、少なくとも $0.35\mu\text{m}$ 以下の微細化プロセスを駆使して高速化したR/W-ICを用いる事が必須であり、更に、この高速駆動電流に追従して高速で強い記録磁界を発生できる記録磁気ヘッド構造を開発する事が必要であった。本ICは、高速信号の劣化を防ぐ為には、ヘッドに極

6

力近く設ける事が重要で、距離を 2cm 以下とする事が望ましかった。本発明者らは、更に、磁極・ヘッド構造、磁極材料について鋭意検討を行い、図11の118と117とで構成される記録磁路の磁路長 l_1 を 35nm 以下とし、さらに磁路を構成する磁極の一部に少なくとも比抵抗 $50\mu\Omega\text{cm}$ を超える磁性膜、もしくは磁性膜と絶縁膜との多層膜を用い、配線111を一体形成したサスペンション113に搭載する事で、総インダクタンスを 65nH 以下とした磁気ヘッドを用いて、その記録磁界を磁場SEM、MFM等を用いて鋭意評価した結果、 50MB/s 以上の転送速度でも十分な磁界が発生できる事を確認でき、 50MB/s 以上での記録が原理的に可能となる事を見出した。ここで、比抵抗 $50\mu\Omega\text{cm}$ を超える磁極材料としては、例えば、 42Ni-57Fe-1Cr 、 46Ni-52Fe-2Cr 、 43Ni-56Fe-1Mo 、 51Ni-47Fe-2S 、 54Ni-43Fe-3P 等のNiFe系合金や、 CoTaZr 、 CoNbZr 等の非晶質磁性合金等があり、磁性膜と絶縁膜との多層膜の例としては、 89Fe-8Al-3Si と SiO_2 との多層膜や、 80Ni-20Fe と ZrO_2 等との多層膜等がある。

【0018】そこで上記構成の磁気ヘッド、回路で上記の媒体に 50MB/s での記録再生を行った所、重ね書き特性が悪いなど十分な記録が行えず、更にノイズも2～3倍にも大きくなってしまい、高密度・高速転送で記録再生するには更なる工夫が必要である事が判明した。なお、信号はトラック幅が $2\mu\text{m}$ と広い従来型のMR再生素子で再生した。

【0019】原因について鋭意検討した結果、上記現象は、媒体の記録特性において、周波数応答性が悪いためであると考えられた。そこで、超並列計算機等を駆使してシミュレーション上で鋭意原因解析を行った所、熱揺らぎおよびスピンのダンピングに問題がある事が判明した。そこで、熱揺らぎやダンピングを適正化できる媒体添加材料について鋭意検討した結果、上記媒体組成に、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第3群から選ばれた少なくとも1種の元素を添加することで、 50MB/s で記録した場合にも、単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値を $2.5 \times 10^{-8} (\mu\text{Vrms}) (\text{inch}) (\mu\text{m})^{0.5} / (\mu\text{Vpp})$ 以下とする事が出来る事を見出した。本効果は上記元素を $0.1\text{at}\%$ 以上添加すれば認められたが、 $1\text{at}\%$ 添加すれば十分であり、 $15\text{at}\%$ よりも多く添加すると出力が著しく低下するので好ましくなかった。また、特に希土類元素を添加した時の効果が顕著であった。また、 SiO_2 や ZrO_2 などの非磁性体と CoPt や CoNiPt 等の高結晶磁気異方生材料とを同時スパッタ製膜し、 300°C 程度の高温で熱処理して高結晶磁気異方生材料を析出、分散させて上記組成とした、いわゆるグラニュラ型の媒体でも以上の効果を確認している。更に、上記磁性層が非晶質磁性体である場合には、垂直磁気異方性を有する事が多いが、効果としては同様であった。更にいずれの場合でも、上記磁性層が、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、

7

Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、Bから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする非磁性中間層を介して積層された場合に、信号が統計的に加算されるのでノイズが著しく低減でき、ノイズ低減の点では特に有利であった。さらに特記すべき事として、上記磁気ヘッドの磁極長を $50\mu\text{m}$ 以下とすることで、より効率的に急峻かつ強い磁界を発生でき、より高い保磁力の媒体にも記録できた。これにより、さらに高密度化が可能になるので好ましい。また、上記R/W-ICをサスペンション近傍に設けることで、記録磁界の立ち上がりを更に急峻にすることが出来た。これにより、急峻な記録が可能となり、媒体ノイズも相対的に小さく出来たので、さらに好ましい。

【0020】 5Gb/in^2 以上の高密度で記録再生を行うには、巨大磁気抵抗効果素子あるいは、磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用い、実効トラック幅が $0.9\mu\text{m}$ 以下である再生素子を有する磁気ヘッドとを組み合わせることで磁気情報の再生を行う事で、信号処理方式の助けを借りて、装置動作に必要な 20dB 以上の装置S/Nが得られ、EPRMLやEPRML、トレリス符号、ECC等と組み合わせる事が必要であった。ここで、巨大磁気抵抗効果素子(GMR)、及びトンネル型磁気ヘッドについては、特開昭61-097906、特開平02-61572、特開平04-358310、特開平07-333015、及び特開平02-148643、02-218904号公報に記載されている技術であり、i線、もしくはKrFステッパによるリソグラフィ、もしくはFIB加工技術等を駆使して実効トラック幅が $0.9\mu\text{m}$ 以下を実現した。

【0021】磁気ディスク装置として上記の系は極めて画期的であったが、発熱部を具備した磁気ヘッドで媒体を略 50°C 〜 250°C 程度に瞬間的に加熱し、高周波での保磁力を低減する事で、記録をアシストする事が出来、更に効果的である事を見出した。すなわち、記録部、記録磁極材料への負担が軽減でき、記録トラック幅を $0.9\mu\text{m}$ 以下としても、飽和磁束密度 1T の磁極材料でも、 5Gb/in^2 以上の高密度、 50MB/s 以上の高速記録が出来、特に有利であった。

【0022】本効果は、磁気記録媒体に熱を印加した直後に磁気記録を行い、上記の巨大磁気抵抗効果素子あるいは、磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を用いた素子で再生を行う事で、アクセス時間も短縮出来るので、特に好ましい。

【0023】更に、上記発熱部を半導体レーザチップとする事で、実効的なヘッド体積を小さく出来、高速位置決めが可能になるので特に好ましい。さらに、アクセス時間を短く、より高精度で位置決めをする為には、ロータリーアクチュエータ方式で、更にヘッドを、粗動、微動の少なくとも2段階で位置決めすることが特に有効である。

【0024】

8

【発明の実施の形態】以下に、本発明の内容を実施例および比較例によって詳細に説明する。

【0025】(実施例1)図3に本発明の磁気ディスク装置を示す。図3(a)は、装置の平面図、(b)は断面図である。本発明の装置では、図1を用いて後で詳細に述べる本発明の記録媒体31を、回転軸受け34に固定し、モータ310により回転し、図1を用いて後で詳細に説明する磁気ヘッド32を用いて記録再生を行う。磁気ヘッド32は、アーム311を介してロータリーアクチュエータ33に支持され、回転する記録媒体面31の所定の位置に高速かつ安定に位置決めされる。サスペンション313としては、その詳細を図2に示すように、配線21のもつインダクタンスが 15nH 以下になるように薄膜技術を用いて配線、絶縁層とを基板ね上に一体形成されている、一体型サスペンションを用いた。通常の撚り線配線やインダクタンスが 15nH よりも大きな配線では、 50MB/s の信号は大きく減衰し、通常のパワーの回路を用いた場合には、実用に耐えなかった。ここで、R/W-IC部分314を、薄膜配線、絶縁層を薄膜プロセスで基板ね上に直接形成した、上記本発明の一体型サスペンション313上、もしくは配線用のFPC上に形成し、ヘッドからの距離を 2cm 以下とした場合には実質的に信号の減衰は認められず、従来のようにR/W-ICを信号処理回路と一体化し、回路基板上に設けた場合に比べて、数MB/s以上の転送速度の改善が認められ、特に好ましかった。本実施例では、距離を 1.5 、 1cm とした。なお図3では、31-1〜4の4枚の磁気ディスク、8本の磁気ヘッド32を搭載した例を示したが、磁気ディスク1枚以上、磁気ヘッド1本以上であれば良く、本実施例では、2.5の磁気ディスク装置筐体312に、ヘッド1〜30本、磁気ディスク1〜15枚を搭載した。

【0026】情報の記録、再生信号の処理、及び情報の入出力には、従来技術と同じ所定の電気回路が必要である。ただし消費電力の点で、Bi-CMOSに比べCMOSによる回路の方が有利であり、 50MB/s の高速で記録再生を行うためには、回路系の小型化が必須であり、R/W-ICにはいずれの場合にも $0.35\mu\text{m}$ 以下の細線プロセスを採用する事が不可欠であった。実際、 $0.5\mu\text{m}$ 以上のプロセスを用いた場合には、良好な記録が出来なかった。なお、信号処理等のチャンネルLSIには、消費電力を抑えるためにも回路規模を小さくする事が必要で、 $0.25\mu\text{m}$ 以下の細線プロセスを採用した。ここでは、EPRML(Extended Partial Response Maximum Likelihood)をエンハンスし、ECC機能を強化したMEEPRML(Modified PRML)と言う、高密度化時の波形干渉を積極的に活用した信号処理回路を導入し、上記のR/W-ICとは分離した。また、垂直磁気記録の場合にはPR5信号処理方式で再生した。これらは、筐体312等に取り付けた。装置の回転数は1分間に1万回転とし、磁気ヘッドの浮上量についてはいずれも $26\sim 28\text{nm}$ とした。

9

【0027】以下、本発明の磁気記録再生装置を構成する、本発明の媒体、磁気ヘッドの付いて更に詳細に説明する。

【0028】まず図1を用いて本発明の媒体について説明する。11はガラス、NiPメッキAl、セラミックス、Si、プラスチック等からなり、3.5、2.5、1.8、1径等の円盤状もしくはテープ、カード上の非磁性基板、12は、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Ti、Ge、Si、Co、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする、Cr、Mo、W、CrMo、CrTi、CrCo、NiCr、Ta、CoCr、Ta、TiCr、C、Ge、TiNb等の非磁性下地層、及び13は、Co、Fe、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第2の群から選ばれた少なくとも2種の元素、及びLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第3群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む、CoCrPtLa、CoCrTaCe、CoNiPtPr、CoPtNd-SiO₂、FeNiCoCrPm、CoFePdTaSm、NiTaSiEu、CoWTaGd、CoNbVTb、GdFeCoPtTa、GdTbFeCoZrRh、FeRhSiBi-N、CoPtIrSn-CoO等の結晶質磁性体を含み、単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値が $2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{m})^{0.5} / (\mu \text{Vpp})$ 以下であることを特徴とする硬質強磁性材料、14はN、H複合添加C、H添加C、BN、ZrNbN等の保護膜、15はOH、NH₂等の吸着性、もしくは反応性の末端基を有するパーフルオロアルキルポリエーテル、金属脂肪酸等の潤滑剤である。12と13との間には、更に組成を調整した、より磁性膜との格子常数のマッチングがとりやすい第2の非磁性下地層を設けても良く、上記磁性層が、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、Bから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする非磁性中間層で分割されていれば、その総数の平方根に略比例してノイズが減少するので更に好ましい。

【0029】以下、更に詳細に本媒体の実施例について説明する。3.5、2.5、1.8、1径のガラス円板基板上に下

10

記のCr合金、Mo合金、Ti合金、W合金等のCr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Ti、Ge、Si、Co、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする下地層を形成し、次いでCoCrPtGd、CoCrPtTaNd、CoPtDy-SiO₂、FeCoNiMoTaBi、NiFeCrPtGe、FeNiTaIrSm等のCo、Fe、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第2の群から選ばれた少なくとも2種の元素、及びLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第3群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む結晶質磁性体を含む単層、2層、多層磁性層、さらに10%N添加カーボン保護膜を10nm、最後に表面処理後に-OH基を有するパーフルオロアルキルポリエーテル潤滑層を5nm形成し、表1に示す本発明の磁気ディスクとした。

【0030】ここで、下地膜、磁性層はともにDCマグネトロンスパッタリング装置で形成し、更に保護膜は窒素雰囲気中でプラズマ励起型反応性マグネトロンスパッタ法で形成した。なお、本実施例では、下地と磁性膜とで独立にパラメータを変えられる様にしてあり、Ar圧力は1-10mTorr、基板温度は100-300℃、製膜速度0.1-1nm/sとした。下地層にはCr、Ta、Nb、V、Si、Geの他に、Co60Cr40、Mo90-Cr10、Ta90-Cr10、Ni50Cr50、Cr90-V10、Cr90-Ti10、Ti95-Cr5、Ti-Ta15、Ti-Nb15、TiPd20、TiPt15等の合金を単層ないしは異種の金属層からなる2層として用い、下地組成の異なる試料を用意した。下地層の総膜厚は10から100nm、磁性層は10から100nm、保護層は10nmである。多層媒体として、5nmのCoCr7Pt6Gd3と2nmのPtを10層積層し70nmとした媒体も試作した。本発明の磁気記録媒体を、SEM、もしくはTEMで評価した所、面内、垂直いずれの場合も、磁性層は優位的に微細結晶粒からなり、かつその平均粒径は12nm以下8nm以上であった。

【0031】

【表1】

表 1

	磁性膜 (nm)	下地膜 (nm)	μ ₀ M _{0.5} Ar 圧 (mTorr)	基板温度(℃)	配向
1	CoCr ₁₅ Pt ₈ La ₄ (25)	CrTi(40)	2	250	面内
2	CoMo ₁₅ Pt ₈ Ce ₁ (25)	CrTi(60)	2	250	面内
3	CoW ₁₉ Pt ₄ Pr ₂ (25)	CrTi(100)	2	250	面内
4	CoCr ₁₅ Pt ₈ Ta ₄ Nd ₄ (28)	MoCr(10)	5	100	面内
5	CoCr ₁₆ Pt ₁₀ Ta ₃ Pr ₅ (28)	MoCr(20)	5	150	面内
6	CoCr ₁₇ Pt ₁₀ Ta ₂ Sm ₃ (28)	MoCr(30)	5	200	面内
7	CoCr ₁₈ Pt ₈ V ₅ Eu ₄ (35)	CrV(10)	10	300	面内
8	CoCr ₁₆ Pt ₁₂ Nb ₂ Gd ₄ (35)	WSi(20)	10	300	面内
9	CoCr ₁₅ Pt ₁₅ V ₄ Tb ₄ (35)	CoCr(30)	10	300	面内
10	NiFe ₁₀ Cr ₁₀ Ir ₄ Dy ₄ (26)	NiCr(20)	1	209	面内
11	FeNi ₃₀ Ta ₃ Rh ₄ Ho ₂ (18)	MnCr(30)	2	250	面内
12	FeCr ₁₉ Pt ₈ Er ₇ (29)	CoCr(50)	2	275	面内
13	CoPt ₂₀ Ir ₄ Tm ₁ -SiO ₂ (25)	Ta(45)	1	250	面内
14	CoPt ₁₅ Ni ₄ Yb ₃ -ZrO ₂ (25)	V(30)	1	181	面内
15	CoNi ₂₂ Pt ₂₀ Pd ₄ Lu _{0.5} -SiO ₂ (22)	Nb(50)	1	224	面内
16	CoCr ₂₃ Pt ₁₀ Ti ₅ Bi ₄ (100)	TiCr(50)	2	174	垂直
17	CoCr ₂₂ Pt ₈ Zr ₅ Pb ₁₀ (80)	TiCr(50)	3	160	垂直
18	CoCr ₂₁ Pt ₈ Hf ₃ Sn ₄ (60)	TiTa(50)	4	156	垂直
19	CoCr ₂₂ Pt ₈ Pd ₃ Ge ₁₅ (50)	CoTaZr(50)	6	140	垂直
20	CoCr ₂₂ Pt ₈ Rh ₂ Bu ₁ (40)	CoNbZr(50)	6	106	垂直
21	CoCr ₂₂ Pt ₆ Si ₂ Sm ₄ (40)	TiPd(50)	6	191	垂直
22	CoCr ₇ Pt ₆ Gd ₃ /Pt(70)	SiN(50)	5	151	垂直

【0032】次に図2、及び図11(a)を用いて本発明の磁気ヘッドについて説明する。フレームメッキ法で、磁極117として飽和磁束密度1.5T、比抵抗 $50\mu\Omega\text{cm}$ の43Ni-57Feを、もう一方の磁極118として飽和磁束密度1.0T、比抵抗 $28\mu\Omega\text{cm}$ のNi80Fe20を形成、更に2層15ターンのCu配線については、メッキ法で $35\mu\text{m}$ の磁路長1内に形成した。ここで、記録ギャップ111の長さは $0.32\mu\text{m}$ (ギャップ材:Al₂O₃)とした。更に、NiFe/Co(6nm)、Cu(2.5nm)、固定層CoFe(5nm)、CrMnP(25nm)を順次積層し、矩形状にパタン化した後に、その両端部に、Co80-Ni15-Pt5(15nm)/Cr(12nm)永久磁石およびTa電極膜(120nm)を配置し、i線ステップリソグラフィ技術により電極で規定したトラック幅を $0.9\mu\text{m}$ とした巨大磁気抵抗効果素子を $2\mu\text{m}$ のNi80-Fe20メッキシールド膜に設けた構造(シールド間隔: $0.3\mu\text{m}$ 、ギャップ材:Al₂O₃)の再生部とを有する磁気ヘッド素子を、Al203-TiC製の大きさの $1.0\times0.8\times0.2\text{mm}^3$ のスライダに形成した。なお、浮上面からFIB(Focused Ion Beam)加工技術により記録トラック幅は $1.1\mu\text{m}$ にトリミングし、更にヘッド浮上面は負圧面構造とした。また、さらに3点微小突起を設けて粘着特性を改善し、その上に更に総厚3nmのC/Si保護膜を形成した。本ヘッドを、図2に示すように、本実施例の $0.35\mu\text{m}$ の細線プロセスを採用したRW-IC22と共に、配線と絶縁膜とを薄膜プロセスで形成する、本発明の一体配線型サスペンション313に接着剤で固定し、磁気ヘッドアセンブリとした。以上の結果、図2で、RW-ICを除き、端子21から見たヘッドアセンブリの総インダクタンスは、3.5、2.5、1.8、1径ディスク対応の本発明の一体型サスペンションに対し、そ

れぞれ、65、63、61、57nHと65nH以下であった。

【0033】なお、巻き線数を9、11、13と変えて、磁路長 l_1 を25、30、 $40\mu\text{m}$ としたヘッドも試作したが、磁路長が $40\mu\text{m}$ の場合は、総インダクタンスは3.5、2.5、1.8、1径ディスク対応の本発明の一体型サスペンションに対しても、それぞれ、75、73、71、68と大きく、50MB/sでの重ね書き特性が20dBと低く、十分な急峻な記録も行えず、ノイズも極めて大きく実用に堪えなかった。以上から磁路長は $35\mu\text{m}$ 以下、総インダクタンスは65nH以下とする必要がある事がわかった。表1の実施例は、重ね書き特性が30dB以上と良好な結果が得られた場合だけを示してある。更に特開平02-148643、02-218904号公報に記載された技術により試作した、再生トラック幅 $0.85\mu\text{m}$ のトンネル型磁気ヘッドで特性を評価した場合には全く同様の結果が得られたが、比較のために同じトラック幅の従来型MRヘッドでは、信号処理回路として $0.25\mu\text{m}$ の細線プロセスによるEEPRML方式によるものを用いて装置状態で評価した場合にも、5Gb/in²の記録密度では十分な再生出力、エラーレートが得られず、評価に堪えなかった。

【0034】以下に本発明の装置特性について述べる。ここで、信号処理回路としては、 $0.25\mu\text{m}$ の細線プロセスによるEEPRML方式によるものを用いた。各記録トラック位置での特性について、高密度・高速に高品位・高S/Nの記録を行うためには、高周波での記録磁界を強くかつ急峻にすると共に、媒体内の結晶粒を微細化、結晶粒間の相互作用を低減して記録ビット境界での鋸歯状磁区を規則的にし、記録密度に比例して増大するビット境界からのノイズを低減すると共に、磁化のダンピングを

適正化し、高周波磁界に対しても適切に応答する事が必要である。比較のために、表1の実施例に対応して第3群の元素だけを添加しないで作製した比較例の媒体では、上記ヘッド、回路系を用いても、20MB/s以上の転送速度で記録すると、5Gb/in²条件で単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値が急激に大きくなり、50MB/sの記録では、 $10 \sim 30 \times 10^{-8} (\mu \text{ Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{ m})^{0.5} / (\mu \text{ Vp})$ にも達し、装置としてのエラーレートが 10^{-5} よりも悪く実用に堪えなかった。これに対して、表1に示した本実施例の媒体では、いずれも単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値が $1 \sim 2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{ Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{ m})^{0.5} / (\mu \text{ Vpp})$ と、 $2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{ Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{ m})^{0.5} / (\mu \text{ Vpp})$ 以下であり、5Gb/in²、50MB/sの条件でも 10^{-9} よりも良く、特に好ましい事が解った。

【0035】媒体への第3の群の添加元素の効果については、本実施例では0.1～15%の例を述べたが、図9に実施例1の#1の条件で、La組成を0.01、0.1、0.5、1、2、10、15、20at%と変えた例を示すように、0.1at%以上添加すれば50MB/sでの記録時のS/Nは著しく向上した。1at%添加すれば効果は十分であり、15at%よりも多く添加すると出力、S/Nが著しく低下するので好ましくなかった。また、特に添加物としては、希土類元素を添加した時の効果が顕著であった。

【0036】上記の結果は、上記1番目の実施例と同条件で、磁性層を、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、B単独、もしくはCr-Ti10、Mo-Cr10、W-Si5、Ta-Si5、Nb-Zr10、Ta-Cr5、Zr-Hf10、Hf-Ti5、Ti-Si10、Ge-Pt5、Si-Ru11、Co-Cr30、C-N10、B-N10等の上記群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする非磁性中間層で2層に分割せしめた別の実施例の媒体を作成したが、ノイズは略70%に減少し、7Gb/in²、50MB/in²の条件でも装置は十分動作し、本効果はより顕著に現われた。上記の効果はいずれもディスク径や円板、テープ、カードと言った形状に依らない事は言うまでもない。

【0037】(実施例2) 図4のヘッドアセンブリの概念図を用いて、別の実施例について説明する。磁気ヘッド42は、まず記録素子として、図11(a)で飽和磁束密度1.4T、比抵抗 $60 \mu \Omega \text{ cm}$ の40Ni-55Fe-5Crをトラック幅 $0.6 \mu \text{ m}$ の磁極材117とし、118は比抵抗 $120 \mu \Omega \text{ cm}$ のCoTaZrで形成した。トラック幅加工は実施例1と同様に、FIBによるトリミングで行った。また記録ギャップ長は $0.25 \mu \text{ m}$ (ギャップ材: Al₂O₃-3%SiO₂)とし、磁路長 l_1 は $30 \mu \text{ m}$ 、巻き線116はAlで2層12ターンとした。更に再生素子部については、NiFe/CoFe(6nm)、CuNi(2.5nm)、固定層CoFe/Ru/CoFe(6nm)、MnIr(15nm)を順次積層し、矩形状にパタン化した後に、その両端部に、Co75-Cr15-Pt12(10nm)/CrTi(5nm)永久磁石およびNb電極膜(100nm)を配置し、電極で規定したトラック幅を $0.5 \mu \text{ m}$ とした巨大磁気抵抗効果素子を $2.5 \mu \text{ m}$ のメッキN

i80-Fe20シールド膜上に設けた構造(シールド間隔: $0.20 \mu \text{ m}$ 、ギャップ材: Zr2O₃)とした。本素子を、Al2O₃-TiC製の大きさの $1.0 \times 0.8 \times 0.2 \text{ mm}^3$ のスライダに形成して磁気ヘッド42とした。このヘッドを図4の、薄膜プロセスで配線、絶縁膜を形成した、本発明の一体配線型サスペンションに搭載し磁気ヘッドアセンブリとした。

【0038】図4で、サスペンション44は、 $10 \mu \text{ m}$ 程度の位置補正が高速で出来る電磁駆動等の微調部44の助けを借りて、ロータリアクチュエータ45の粗動機能とともに、磁気ヘッド42を記録媒体の所定の位置に高速で位置決めする機能を有する。そのため、本実施例では、0.35、および $0.25 \mu \text{ m}$ プロセスを用いて作製した本実施例のRW-ICは、薄膜プロセスで配線を形成した一体配線型サスペンションに隣接して設けた配線用FPC上に実装し、ヘッドからの距離をそれぞれ3、2、1.5、1、0.7cmとした。また信号処理用LSIは、 $0.25 \mu \text{ m}$ の細線プロセスによるEEPROM方式によるものを用いた。なお、43部については、電磁駆動型には限らず、圧電駆動型、磁歪駆動型等の微動手段であれば良く、比較検討の結果、多層圧電素子によるものが、消費電力、GMR/MR再生部への悪影響が最も少なかったが、その他の方式でも必要機能は満足した。本ヘッドアセンブリを図3に示した本発明の磁気ディスク装置に実装して、表1に記載した2.5、及び1.8系の媒体、実施例1と同じ回路を用いて本発明の別の磁気ディスク装置とした。ここで媒体は1～10枚、ヘッドは1～20本の組み合わせとした。なお、スライダは微小突起を3ヶ所設けた負圧型とし、浮上面にはC-N-H保護膜を3nm設けた。ただし、評価時の磁気ヘッドの浮上量は25nm、回転数は1分間に1万5千、及び2万5千回転とした。

【0039】いずれの組み合わせでも、10Gb/in²、50MB/in²の条件で装置はエラーレート 10^{-9} よりも良好な状態で十分動作し、本効果はより顕著に現われた。回転数を2万5千とした場合には、記録がより厳しく、本発明のR/W-ICとしては、線幅 $0.25 \mu \text{ m}$ のプロセスを用いたものを用いた方が、エラーレート 10^{-10} よりも良好な状態で動作し、特に好ましかった。なお本発明のR/W-ICと本発明のヘッドとの距離については、距離を3、2、1.5、1、0.7cmと小さくするに従い、転送速度を50、54、54、54、55と高くする事ができ、2cm以下とすることが特に有効であった。本効果はいずれもディスク径や円板、テープ、カードと言った形状に依らないことは言うまでもない。

【0040】(実施例3) 図5ないし図8及び図3を用いて本発明の第3の実施例を以下に述べる。

【0041】図5に示すように、 0.3 mm 角程度のレーザチップ52、52'を圧電型、電磁駆動型もしくは磁歪型の位置補正マウント51、51'に装着したものを、図5(a)(b)に示すようにヘッドスライダ50、50'に搭載し、記録再生素子部53、53'とレーザ光位置5

15

4、54‘とが略同一記録トラック55、55’上に位置するように調整出来る様にした。Al2O3-TiC製の大きさのスライダは微小突起を3ヶ所設けた負圧型とし、浮上面にはC-N保護膜を3nm設け、その体積は $1.0 \times 0.7 \times 0.2 \text{ mm}^3$ 、さらにレーザチップを含めた体積は $1.0 \times 0.9 \times 0.2 \text{ mm}^3$ 、補正可能距離は最大 $20 \mu\text{m}$ であった。ここで補正機構がなくても良いが、再現性に対するマージンが低くなるので余り好ましくなかった。なおレーザの波長は830、780、650、630nm、パワーは5~50mWのものを用い、レーザ端面には劣化防止のための保護膜を設けた。レーザ光の形状は54、54‘に示すように略楕円形であり、同図に示したように、略 $1 \mu\text{m}$ の短軸方向が記録トラック55、55’に略平行、垂直の2種の場合について検討し、浮上量は 10 nm とした。

【0042】なお記録再生素子部53、53‘としては、まず図6、7、8に示す記録部を用いた。図6に示す実施例では、62、64として比抵抗 $75 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $0.9 \mu\text{m}$ の36Ni-62Fe-2Nb、61、63として比抵抗 $45 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $1.8 \mu\text{m}$ の45Ni-55Fe膜を形成し、図(a)に示すようにウェハ時点でFIB、イオンミリング、もしくはRIE法等でトリミング加工し、トラック幅 T_{tw} を $0.53 \mu\text{m}$ とし、更に磁路長 l_1 を $35 \mu\text{m}$ 、磁極長 l_2 を50、55、60、 $65 \mu\text{m}$ 、Cu配線ターン数を15、記録ギャップ長 G_l を $0.19 \mu\text{m}$ (ギャップ材:Al₂O₃-5%SiO₂)とした。また、図7に示した別の実施例では、72、74として比抵抗 $20 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $0.7 \mu\text{m}$ の80Co-10Ni-10Fe-1P、71、73として比抵抗 $65 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $1.5 \mu\text{m}$ の75Co-10Ni-10Fe-5P膜を形成し、図(a)に示すようにウェハ時点で加工してトラック幅 T_{tw} を $0.47 \mu\text{m}$ とし、磁路長 l_1 を $33 \mu\text{m}$ 、磁極長 l_2 を45、50、55、60、 $65 \mu\text{m}$ 、Cu配線116のターン数を13、記録ギャップ長 G_l を $0.18 \mu\text{m}$ (ギャップ材:Al₂O₃-5%SiO₂)とした。更に、図8に示した別の実施例では、82として比抵抗 $20 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $0.1 \mu\text{m}$ の90Fe-5Al-5Siを 10 nm のZrO₂と交互に10層積層した多層膜、118として比抵抗 $100 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $1.5 \mu\text{m}$ の75Co-15Ta-10Zr膜を形成し、図(a)に示すようにウェハ状態でFIB等によりトリミング加工してトラック幅 T_{tw} を $0.5 \mu\text{m}$ とし、更に84として比抵抗 $45 \mu\Omega\text{cm}$ 、膜厚 $1.9 \mu\text{m}$ の44Ni-56Fe膜を先端幅 $0.7 \mu\text{m}$ で形成した。ここで、磁路長 l_1 は $30 \mu\text{m}$ 、磁極長 l_2 は40、50、55、60、 $65 \mu\text{m}$ とし、Cu配線116についてはターン数を11、記録ギャップ長 G_l を $0.20 \mu\text{m}$ (ギャップ材:Al₂O₃-7%SiO₂)としたものを作製した。なお、以上の実施例に加えて、更に磁路長波は同じで、磁極長をそれぞれ55、60、 $65 \mu\text{m}$ としたものも別の実施例として作成した。

【0043】これに対し、これらの再生部としてはいずれも、NiFe/CoFe(5nm)、CuNi(2.5nm)、固定層Co

16

Fe/Ru/CoFe(5nm)、MnIr(13nm)を順次積層し、矩形状にパタン化した後に、その両端部に、Co75-Ni15-Pt10-5%HfO₂(12nm)永久磁石およびNb-Ti電極膜(90nm)を配置し、電極で規定したトラック幅を $0.41 \mu\text{m}$ とした巨大磁気抵抗効果素子を $2.1 \mu\text{m}$ のメッキNi80-Fe20シールド膜上に設けた構造(シールド間隔: $0.18 \mu\text{m}$ 、ギャップ材:Ta2O₅)とし、本発明の磁気ヘッド素子とした。本実施例では、 $0.25 \mu\text{m}$ プロセスを用いて作製したRW-ICを上記ヘッドを支える、本発明の一体配線型サスペンション上に実装した。また別に設けた信号処理用LSIは、 0.25 、 $0.2 \mu\text{m}$ の細線プロセスを用いて形成したEPRML方式のものを用いた。

【0044】媒体については、表1の他に、図1と同構造で以下のものを新たに作製した。3.5、2.5、1.8、1径等のSi非磁性基板に、Co、Fe、Niから為る群から選ばれた少なくとも1種の金属元素を主たる成分とし、更に、Cr、Mo、W、V、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf、Pd、Pt、Rh、Ir、Siからなる第2の群から選ばれた少なくとも2種の元素、及びLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Bi、Sb、Pb、Sn、Ge、Bからなる第3群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む非晶質磁性体、14はN添加C、H添加C、BN、ZrNbN、AlN、SiAlON、Si₃N₃等の保護膜、25はOH、NH₂等の吸着性、もしくは反応性の末端基を有するパーフルオロアルキルポリエーテル、金属脂肪酸等の潤滑剤である。22と23との間には、更に組成を調整した、第2の非磁性下地層を設けても良く、上記磁性層が、Cr、Mo、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、Al、Zn、C、B単独、もしくはこれらから為る群から選ばれた少なくとも1種の元素を主たる成分とする、Cr-Ti10、Mo-Cr10、W-Si5、Ta-Si5、Nb-Zr10、Ta-Cr5、Zr-Hf10、Hf-Ti5、Ti-Si10、Ge-Pt5、Si-Ru11、Co-Cr30、C-N10、B-N10等の非磁性中間層で分割されていれば、その総数の略平方根に略比例してノイズが減少するので更に好ましい。

【0045】以下、更に詳細に本実施例について説明する。1.8径のSi円板上にSiN、Cr合金等の非磁性下地層を形成し、次いでTbFeCo、DyFeCo、NdTbFeCo、TbFeCoNb、TbFeCoPt等の非晶質磁性層、さらに8nmの15%N添加カーボン保護膜、5nmの-OH基末端のパーフルオロアルキルアルコール潤滑層を形成して磁気ディスクを作製した。

【0046】ここで、SiN、Cr合金等の下地膜、磁性層とともに、Arガスを用いたRFマグネトロンスパッタリング装置で形成し、更に保護膜は窒素雰囲気中でプラズマ励起型反応性マグネトロンスパッタ法で形成した。この際、Ar圧力は 0.5 ~ 10 mTorr 、基板温度は 50 ~ 200°C 、製膜速度 3 nm/s とした。下地層にはSiN、Crの他に、Al₂O₃、Cr-Tiを単層ないしは異種の下地層からなる2層として用い、下地組成の異なる試料を用意した。下地層の総膜厚は 10 から 200 nm 、TbFeCo、DyFeCo、NdTbFeCo、TbFeCoNb、TbFeCoPt、TbFeCoBi等の非晶質磁性層は 20 から 750

nm、保護層は8nmである。光磁気ディスクで用いられている通常の組成よりもFe濃度が高い方が飽和磁化が大きく、媒体膜厚を相対的に薄く出来るので記録の点で有利であった。試作した本発明の磁気ディスクを表2に示す。

表 2

	磁性膜 (nm)	下地膜 (nm)	真空圧 (mTorr)	基板温度(℃)	配向
1	CoTb ₁₀ Zr ₈ Pt ₁₅ (200)	CrTi(40)	0.2	200	面内
2	FeCo ₁₀ Tb ₁₅ Pt ₅ Cr ₂ (270)	CrTa(60)	0.2	180	垂直
3	FeCo ₅ Tb ₂₀ Si ₃ Pd ₂ (350)	Al ₂ O ₃ (100)	0.5	150	垂直
4	FeCo ₅ Tb ₇ Bi ₃ Ta ₂ Cr ₁ (20)	CrV(30)	0.5	100	垂直
5	FeCo ₁₀ Tb ₁₅ Nb ₅ Mo ₂ (270)	Cr(20)	1.0	150	垂直
6	FeCo ₁₅ Dy ₁₅ Bi ₅ V ₂ Ti ₂ (450)	ZnS(30)	1.0	200	垂直
7	FeCo ₁₀ Tb ₃₀ Gd ₅ Zr ₂ Ir ₂ (570)	WTi(10)	2.0	50	垂直
8	FeCo ₁₀ Nd ₁₅ Pt ₂ W ₂ (370)	MoSi(20)	2.0	200	垂直
9	FeCo ₅ Dy ₁₀ La ₅ Rh ₇ Hf ₂ (45)	NiCr(30)	5.0	50	垂直
10	FeCo ₁₃ Tb ₂₆ Ce ₃ Pt ₂ Ir ₂ (350)	CoCr(20)	5.0	100	垂直
11	FeCo ₁₀ Tb ₁₅ Pt ₂ Ta ₂ (270)	TaCr(30)	0.2	150	垂直
12	FeCo ₇ Dy ₂₅ Nd ₅ (350)	MoCr(90)	0.2	175	垂直
13	FeCo ₃₆ Tb ₁₆ Nd ₁₃ Pt ₂ V ₃ (650)	TaCr(65)	0.5	150	垂直
14	FeCo ₄₂ Nd ₂₀ Pr ₅ Pt ₂ Ti ₂ (750)	V(40)	0.5	181	垂直
15	FeCo ₁₆ Tb ₂₆ Eu ₅ Pt ₄ Pd ₇ (750)	Nb(40)	1.0	124	垂直
16	FeCo ₁₃ Tb ₂₃ Nb ₁ W ₂ (650)	TiCr(50)	1.0	54	垂直
17	FeCo ₁₀ Tb ₂₀ Pm ₃ Si ₂ W ₂ (590)	WCr(50)	2.0	165	垂直
18	FeCo ₁₅ Dy ₁₅ Gd ₅ Ir ₂ W ₂ (580)	TiTa(60)	2.0	65	垂直
19	FeCo ₁₅ Tb ₂₂ Rh ₂ Zr ₂ (570)	TiV(50)	5.0	145	垂直
20	FeCo ₁₀ Nd ₁₅ Pd ₂ Si ₂ (690)	TiPt(50)	5.0	116	垂直
21	FeCo ₁₂ Tb ₂₈ Ho ₅ Ir ₂ Ti ₂ (680)	TiPd(50)	10	195	垂直
22	FeCo ₁₀ Tb ₂₂ Er ₅ Zr ₂ V ₂ (530)	TiNb(60)	10	121	垂直
23	FeCo ₁₀ Tb ₂₂ Tm ₅ Nb ₁ Mo ₂ (570)	SiN(60)	10	101	垂直
24	FeCo ₁₀ Tb ₂₂ Yb ₅ Cr ₂ W ₂ (480)	C(50)	1.0	95	垂直
25	FeCo ₁₀ Tb ₂₂ Lu ₅ (500)	Ge(50)	1.0	81	垂直

【0048】本実施例の媒体は磁性膜がいずれも非晶質の面内、垂直媒体であり、特に垂直媒体では一般にノイズ係数が負になる。ここで、角型比が0.95以上の媒体は、特にノイズが低く好ましかった。いずれの場合も、単位遷移当たりの規格化ノイズ係数の絶対値は $2.5 \times 10^{-8} (\mu \text{Vrms}) (\text{inch}) (\mu \text{m})^{0.5} / (\mu \text{Vpp})$ 以下であった。上記のノイズ低減に関する結果は、上記3番目の実施例と同条件で、磁性層を、Cr、Mo、W、Ta、V、Nb、Ta、Zr、Hf、Ti、Ge、Si、Co、Ni、C、B単独、もしくはCr-Ti10、Mo-Cr10、W-Si5、Ta-Si5、Nb-Zr10、Ta-Cr5、Zr-Hf10、Hf-Ti5、Ti-Si10、Ge-Pt5、Si-Ru11、Co-Cr30-Pt5、C-N10、B-N10、Si-N50等の非磁性中間層で2層に分割せしめた別の実施例の媒体を作成したが、ノイズはいずれも65～75%に減少し、特に好ましかった。

【0049】表1ないし表2記載の媒体を10枚、図3の構造で31として搭載、さらに上記の各実施例のヘッドを32として20本搭載し、情報記録時にレーザーでの局所加熱により媒体保磁力を制御しながら、磁気ヘッドからの磁界で記録を行った。ここで回転数は1分間に2～3万回転とし、局所加熱による媒体記録位置での温度上昇は、略50℃から300℃の範囲で最適に制御した。なお本方法では、記録条件が外部温度の変動を受け易いので、記録初期ないしは動作後の所定時間毎に、試し書きを

*す。

【0047】

【表2】

してレーザーパワーを最適化する事が望ましかった。

【0050】いずれの媒体に対しても、トラック方向にレーザーの長軸をほぼ一致させた場合に隣接トラックとの干渉が少なく、最も良好な特性が得られたが、短軸を一致させた場合にでも従来技術に比べ略2倍の高密度化が実現できた。すなわち、表1の実施例の媒体に対しては、50MB/sで7Gb/in²以上の面密度が達成でき、表3の実施例の媒体に関しては同じく50MB/sで15Gb/in²以上の面密度が達成できた。ここで、前記の磁性層を2層に分割した媒体を搭載した装置では、記録密度は約20%向上でき、特に好ましかった。なお再生用信号処理LSIについては、0.2μmプロセスによるものの方が、消費電力、処理速度の点で30%程度有利であった。

【0051】(実施例4) 実施例3のヘッドを、実施例1及び実施例2の磁気ヘッドとしても採用、評価したが、いずれも7Gb/in²、転送速度60MB/s以上での装置動作が確認され、実施例1、2と同等以上の特性が得られ、転送速度の点で特に好ましかった。ここで、磁極長をそれぞれ55、60、65μmとしたものの転送速度は60ないし65MB/sの記録再生が可能であったが、磁極長を50μm以下としたものは66ないし70MB/sの転送まで可能であり、特に好ましかった。これは、渦電流は磁極後部で発生するため、磁極長だけではなく、特に磁

19

極長12を低減することが重要なためである事が計算機シミュレーションにより確認された。ここで、R/W-IC部分を信号処理部分から分離し、更に $0.35\mu\text{m}$ 以下の細線プロセスで形成したものを、薄膜配線、絶縁層を薄膜プロセスで板ばね上に直接形成した本発明の一体型サスペンション上、もしくは配線用のFPC上に形成し、ヘッドからの距離を1cm以下とした場合に、実質的に信号の減衰は認められず、従来のようにR/W-ICを信号処理回路と一体化し回路基板上に設けた場合に比べて、5MB/s以上の転送速度の改善が認められ、特に好ましかった。

【0052】以上述べた1から4の実施例は、本発明で開示する類似の発明を代表するものであり、本発明から同業者が容易に類推できる例においても本発明の範囲に入るものである。例えば、RFマグネトロンスパッタ法、ECRスパッタ法、ヘリコンスパッタ法等でも同様の効果があり、また、酸素雰囲気中での斜め蒸着法、クラスティオンビーム法でも、ディスクの半径毎に入射位置を変えても同様の効果が得られ、更にヘッドに熱電効果型素子を設け、加熱しても同様の効果が得られる事は言うまでもない。また、本発明で開示する磁気記録媒体、ヘッド、装置によれば50MB/s以上の高速転送での磁気記録再生が、5Gb/in²以上の記録密度で可能となる。したがって、本発明の磁気記録媒体で可能となる磁気テープ、磁気カード、光磁気ディスク等を用いた高速・大容量磁気記録再生装置についても本発明の範囲にはいる。

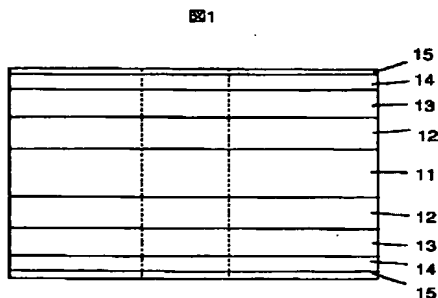
【0053】以上、本発明の磁気記録媒体、磁気記録再生装置を用いることにより高速かつ大容量の記録再生が初めて可能となる。これにより、商品競争力の極めて強い磁気記録再生装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

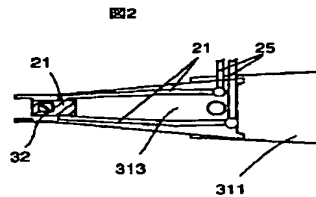
【図1】本発明の磁気記録媒体の主要部概念図。

【図2】本発明の磁気ヘッドアセンブリの主要部概念図。

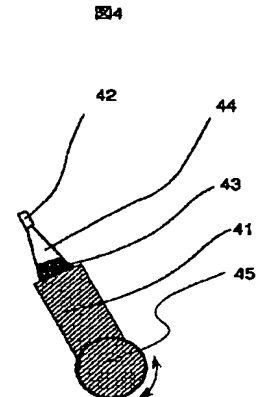
【図1】



【図2】



【図4】



20

* 【図3】本発明の磁気記録装置の概念図。

【図4】本発明の別の磁気ヘッドアセンブリの概念図。

【図5】別の本発明の磁気ヘッドの主要概念図。

【図6】別の本発明の磁気ヘッドの主要概念図。

【図7】別の本発明の磁気ヘッドの主要概念図。

【図8】別の本発明の磁気ヘッドの概念図。

【図9】添加物の効果を示す図。

【図10】従来磁気ディスク装置の概念図。

【図11】従来磁気ヘッドの概念図。

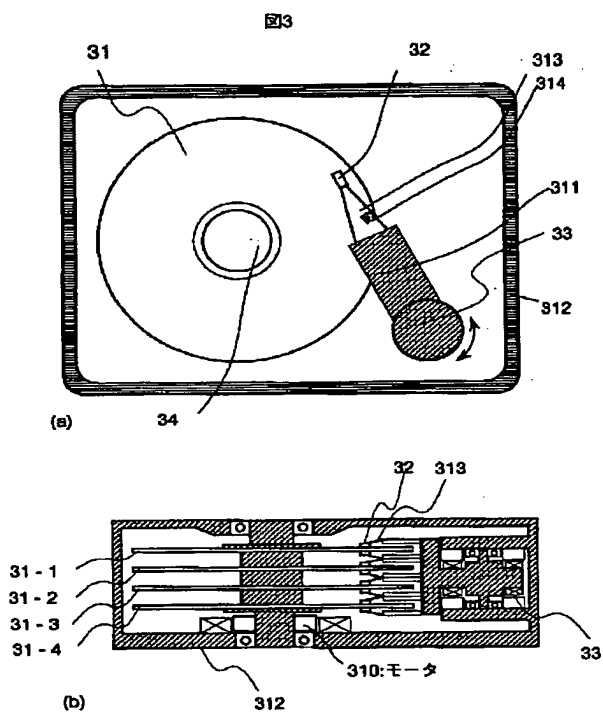
10 【図12】従来磁気記録媒体の概念図。

【符号の説明】

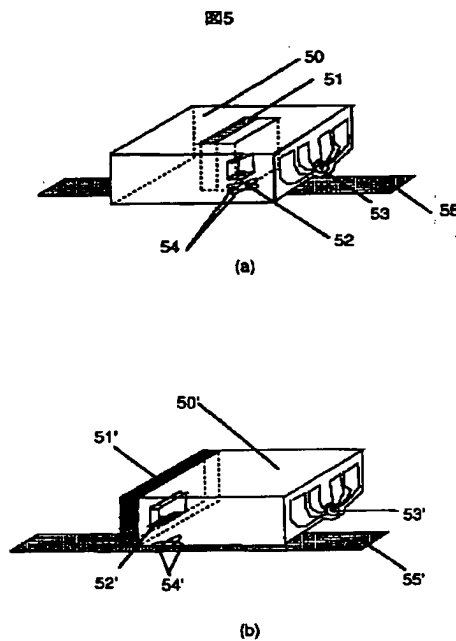
11...非磁性基板、12...非磁性下地層、13...本発明の磁性材料、14...保護膜、15...潤滑層、20...ジンバル、21...一体配線、25...リード線、31...本発明の記録媒体、32...磁気ヘッド、33...ロータリアクチュエータ、34...回転軸受け、310...モータ、311...アーム、312...筐体、313...サスペンション、41...アーム、314...本発明のR/W-IC、42...磁気ヘッド、43...高精度位置決め補正部、44...サスペンション、45...ロータリアクチュエータ、50、50...ヘッドスライダ、51、51...圧電型、電磁駆動型もしくは磁歪型の位置補正マウント、52、52...半導体レーザーチップ、53、53...記録再生素子部、54、54...レーザー光位置、55、55...記録トラック、61、62、71、72、81、82...上部磁極、63、64、73、74...下部磁極、101...記録媒体、102...磁気ヘッド、103...ロータリアクチュエータ、104...回転軸受け、105...アーム、106...サスペンション、108...筐体、111...書き込み部、112...再生部、113...磁気抵抗素子、114...下地層、115...シールド層、116...渦巻き型コイル、117...上部磁極、118...下部磁極(シールド層兼用)、119...電極、121...非磁性基板、122...非磁性下地、123...磁性薄膜、124...保護膜、125...潤滑膜。

*

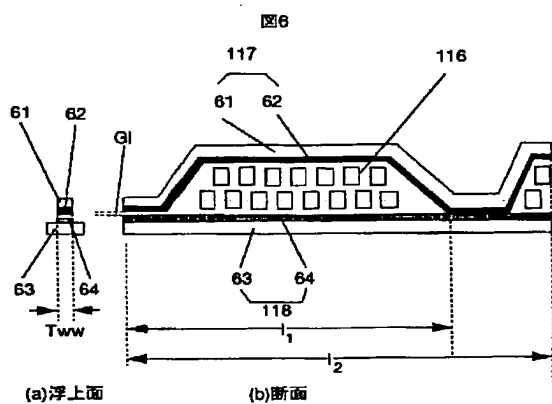
【図 3】



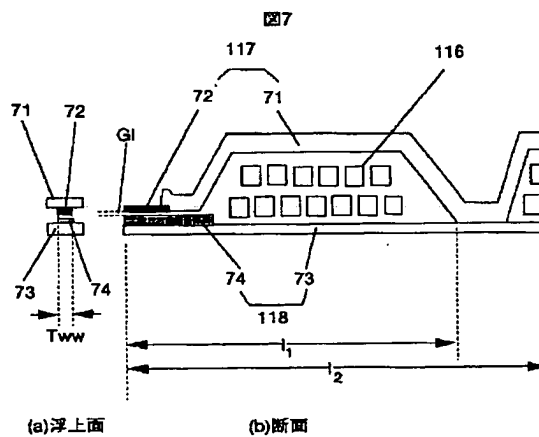
【図 5】



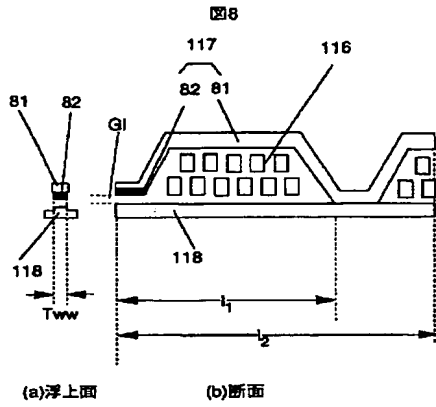
【図 6】



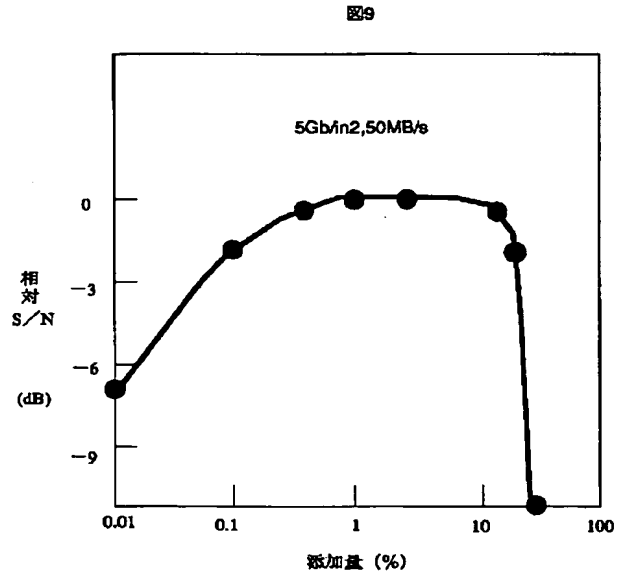
【図 7】



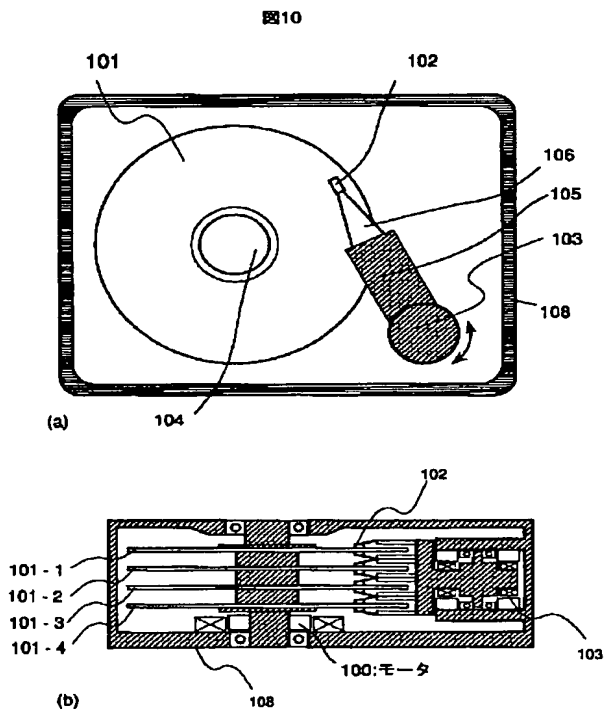
【図8】



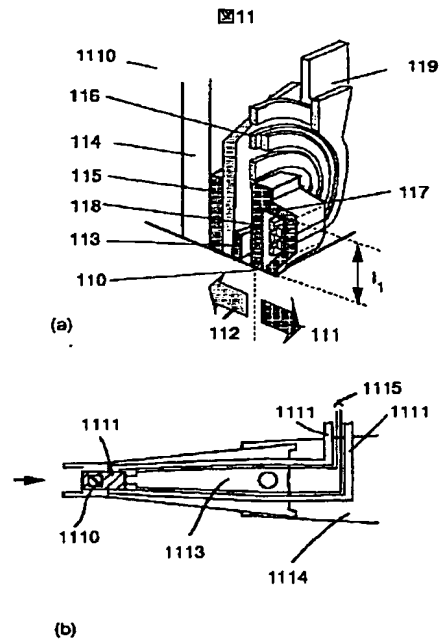
【図9】



【図10】

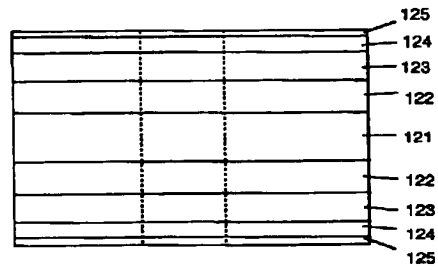


【図11】



【図 12】

図12



フロントページの続き

(51)Int.Cl. 7
G 1 1 B 21/02

識別記号
6 0 1

F I
G 1 1 B 21/02

テーマコード* (参考)
6 0 1 L